

Esseen P.-A., Ekström M., Westerlund B., Palmqvist K., Jonsson B. G., Grafström A., Ståhl G. Broad-scale distribution of epiphytic hair lichens correlates more with climate and nitrogen deposition than with forest structure. *Canadian journal of forest research*, 2016. Vol. 46, № 11. P. 1348–1358.

Bokhorst S., Convey P., Huiskes A., Aerts R. *Usnea antarctica*, an important Antarctic lichen, is vulnerable to aspects of regional environmental change. *Polar Biology*, 2015. Vol. 39, Iss. 3. P. 511–521.

Geiser L. Monitoring Air Quality Using Lichens on National Forests of the Pacific Northwest: Methods and Strategy. USDA-Forest Service Pacific Northwest Region Technical Paper, R6-NR-AQ-TP-1-04. 2004. 134 p.

Hartmann D. L., Klein Tank A. M. G., Rusticucci M., Alexander V., Brönnimann S., Charabi Y., Dentener F. J., Dlugokencky E. J., Easterling D. R., Kaplan A., Soden B. J., Thorne P. W., Wild M. and Zhai P. M. Observations: Atmosphere and Surface. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013. P. 159–254.

Hijioka Y., Lin E., Pereira J. J., Corlett R. T., Cui X., Insarov G. E., Lasco R. D., Lindgren E., Surjan A., 2014: *Asia*. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V. R., C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. P. 1327–1370.

Insarov G., Semenov S., Insarova I. A system to monitor climate change with epilithic lichens, *Environmental Monitoring and Assessment*. 1999. Vol. 55. Iss. 2. P. 279–298.

IPCC 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IUCN 2001. *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1*. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U.K., ii + 30 pp.

Jovan S. Lichen bioindication of biodiversity, air quality, and climate: baseline results from monitoring in Washington, Oregon, and California. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-737. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 2008. 115 p.

Körner C., Paulsen J., Spehn E. M. A definition of mountains and their bioclimatic belts for global comparisons of biodiversity data. *Alpine Botany* 2011. Vol. 121. P. 73–78.

Manual for Integrated Monitoring. 1998. Finnish Environment Institute. ICP IM Programme Centre, Helsinki, Finland. [www.syke.fi/nature/icpim](http://www.syke.fi/nature/icpim) > Manual for Integrated Monitoring. (Accessed 29.03.2018).

## ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭКТОМИКОРИЗ *PICEA* И *PINUS* В ПОЧВАХ НА ШУНГИТОВЫХ ПОРОДАХ: КОРРЕЛЯЦИЯ С РЗЭ

Кикеева А. В.

*Институт леса КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», [avkikeeva@mail.ru](mailto:avkikeeva@mail.ru)*

Редкоземельные – группа химических элементов (РЗЭ), к которым помимо прочих относятся лантаноиды: La – Lu (Иванов, 1997). Особенностью их являются сходные химические свойства и совместное нахождение в земной коре.

Шунгитовые породы (ШП) образуют большую группу углеродсодержащих вулканогенно-осадочных докембрийских пород Карелии. Свойства этих древних пород обусловлены структурой и свойствами углерода, а также сложным минеральным составом, обуславливающих ряд необычных физико-химических свойств. ШП характеризуются повышенным содержанием ряда тяжелых и редкоземельных металлов (Органическое вещество..., 1994). Состав минеральной и органической составляющих ШП сложен и обусловлен факторами его происхождения и метаморфизации. Все разновидности ШП принимают участие в формировании так называемых шунгитовых почв, что обуславливает специфичность и уникальность почвенного покрова Заонежья. Особенностью является высокое содержание гумуса по всему профилю, пониженное содержание кремнезема, большое количество оксидов железа и кальция. Вопрос о генезисе этих почв до конца не решен (Згуральская, Морозова, 2003; Бахмет, Федорец, 2013). Дерново-литогенные почвы во многом повторяют химический состав подстилающих ШП. Известно, например, что содержание в почвах ряда тяжелых металлов превышает фоновые значения именно из-за ШП (Федорец и др., 2008; Чаженина, Рожкова, 2015; Чаженина и др., 2017).

Работа проведена с целью выявления особенностей микоризообразования у основных хвойных пород карельской тайги – *Picea* и *Pinus* – произрастающих в почвах на неразрабатываемых выходах ШП.

Отбор образцов проводился на территории Заонежья в районе Карнаволока и Лебещины в летнее время 2016 г. Участки отбора представляют собой неразрабатываемые выходы ШП, удаленные не менее 300 м от транспортной инфраструктуры и жилых поселений. Отбирали образцы корней и почв рамкой объемом 1 дм<sup>3</sup> (поскольку мощность почвенного профиля не превышает 10 см). Один почвенный образец представляет собой смешанный из 5 индивидуальных. В качестве контроля (фона) отобраны образцы в 30-летних сосняках и 50-летних ельниках Лавас-Губы в Медвежьегорском районе. Подготовка и проведение химического анализа почв проведено сотрудниками Центра коллективного пользования ИГ КарНЦ РАН. Содержание микроэлементов в почвах определялось методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS). Исходя из полученных данных, рассчитывали сумму легких РЗЭ – La – Eu ( $\Sigma$  LREE), сумму тяжелых РЗЭ – Gd – Lu ( $\Sigma$  HREE) и общую сумму РЗЭ ( $\Sigma$  REE + Y), а также коэффициент концентрации относительно фона ( $K_f$ ). Поперечные срезы фиксированного материала эктомикориз (ЭМ) готовили от руки толщиной 10–15 мкм и изучали без окрашивания при помощи микроскопа Leica DFC 290 с увеличениями 4×0,10, 10×0,25, 20×0,4. Всего просмотрено порядка 600 срезов. Определяли наличие грибного чехла, его толщину, радиус микоризного окончания. На основе полученных данных рассчитывали долю чехла в объеме микоризного окончания (Веселкин, 2003).

Статистическая обработка результатов проведена с использованием непараметрических методов в "Статистика 6.0" – ранговой корреляции Спирмена ( $r$ ,  $p < 0,05$ ) и критерия Краскела-Уоллиса ( $H > 2,394$ ,  $p < 0,05$ ), с последующим сравнением критерием Данна.

Среднее содержание РЗЭ в почвах на ШП не превышает кларковые значения (Кикеева, 2017). Статистически достоверные  $K_f$  отмечены для образцов Карнаволока (рис. 1). Содержание некоторых легких РЗЭ (Pr – Eu) почти в 2 раза, а всех тяжелых лантаноидов в более 2 раз выше содержания в фоновых почвенных образцах. Рассчитанные значения  $\Sigma$  HREE и  $\Sigma$  REE + Y в среднем в 2,5 раз выше, чем в почвенных образцах фона.

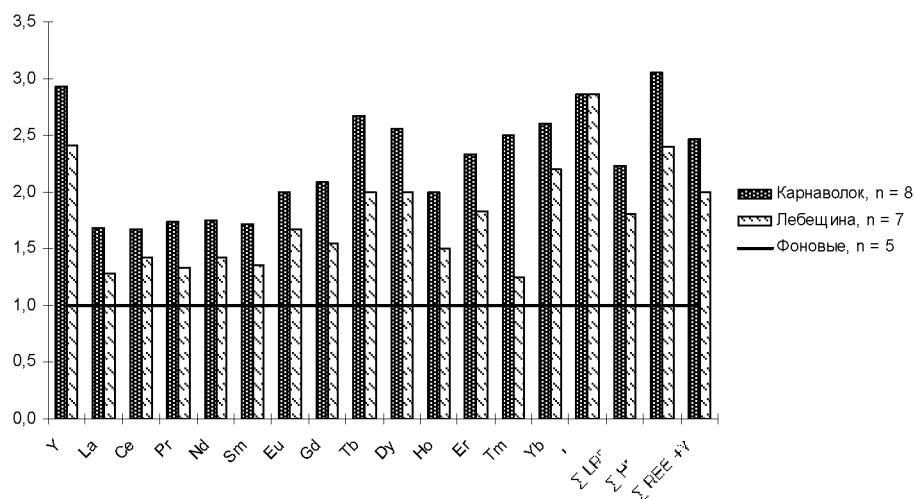


Рис. 1. Коэффициенты концентрации РЗЭ и их сумм в образцах почв неразрабатываемых выходов ШП (содержание РЗЭ в фоновых образцах принято за единицу)

Значения всех параметров ЭМ в образцах корней *Picea*, отобранных в Карнаволоке достоверно ниже, по сравнению с Лебещиной и фоновыми (рис. 2). Значения всех параметров ЭМ в образцах корней *Picea*, отобранных в Лебещине достоверно выше значений остальных. Самые высокие средние значения общего радиуса эктомикоризного окончания и радиуса корня в нем наблюдаются в образцах корней *Pinus* Карнаволока, самые низкие – Лебещины. Самые высокие средние значения параметров грибного компонента ЭМ в Лебещине.

Корреляция отмечена только с параметрами ЭМ, характеризующий грибной компонент симбиоза, – толщиной и долей мицелиального чехла в эктомикоризном окончании (табл.). Отмечены достоверные высокие положительные корреляционные связи между варьированием значений

параметров грибного компонента симбиоза ЭМ *Picea* с содержанием в почвенных образцах ряда РЗЭ. Сопряженности вариации значений параметров ЭМ в образцах корней Лебещина и фона с содержанием в почвенных образцах РЗЭ не отмечено. Вариация значений толщины грибного чехла ЭМ *Pinus* сопряжена с вариацией содержания легких лантаноидов в Карнаволоке и Лебещине. С вариацией значений доли мицелиального чехла изучаемых образцов корреляции не установлено.

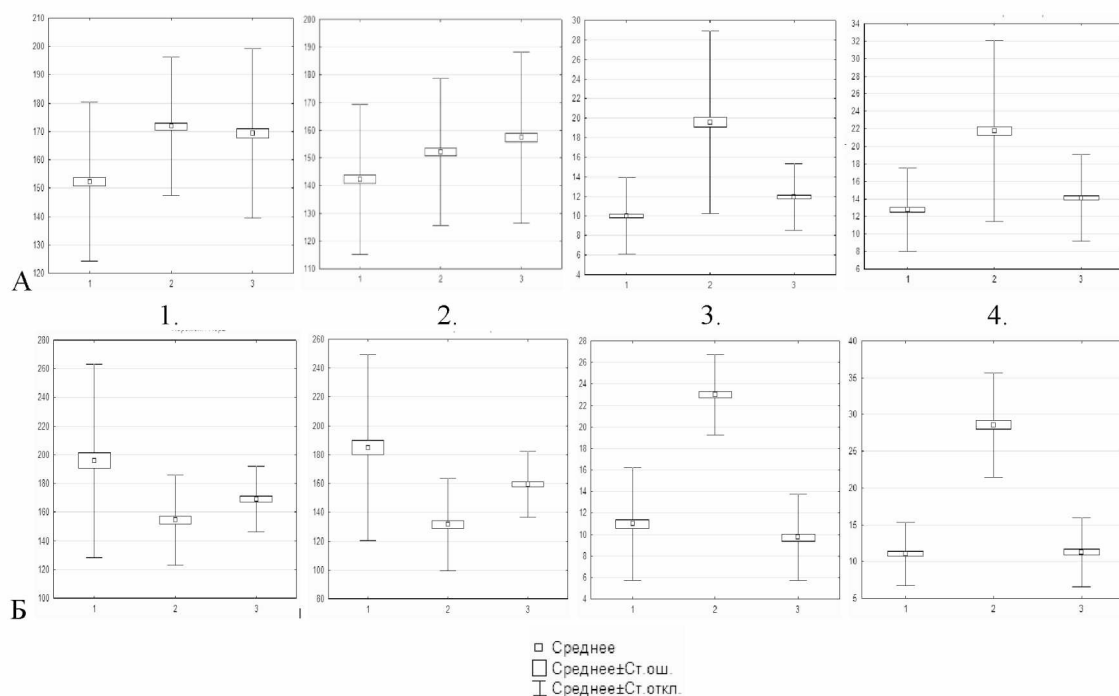


Рис. 2. Диаграммы размаха средних значений параметров ЭМ *Picea* (А) и *Pinus* (Б) в образцах Карнаволока (1), Лебещины (2) и фоновых (3):

1. общий радиус эктомикоризного окончания, мкм; 2. радиус корня в эктомикоризном окончании, мкм;
3. толщина мицелиального чехла, мкм; 4. доля мицелиального чехла в объеме эктомикоризного окончания, %

Сопряженность вариации (г) содержания РЗЭ в почвенных образцах неразработываемых выходов ШП и значений грибного компонента – толщины (n) и доли чехла (d) – в ЭМ *Picea* и *Pinus*

РЗЭ	Карнаволок						Лебещина					
	Среднее содержание, мг/кг	<i>Picea</i>		<i>Pinus</i>		Среднее содержание, мг/кг	<i>Picea</i>		<i>Pinus</i>		Среднее содержание, мг/кг	Среднее содержание, мг/кг
		n, мкм (10,1 ± 2,4)	d, % (12,8 ± 0,3)	n, мкм (10,9 ± 0,4)	d, % (11,0 ± 0,3)		n, мкм (19,9 ± 0,7)	d, % (21,7 ± 0,5)	n, мкм (23,0 ± 0,6)	d, % (28,6 ± 0,6)		
Y	12,9 ± 1,7	0,6	0,9	-0,2	-0,2	10,6 ± 1,9	0,3	0,2	0,2	0,4		
La	12,3 ± 3,0	0,1	0,2	0,8	-0,7	9,3 ± 1,8	-0,4	-0,3	0,8	0,4		
Ce	21,1 ± 4,0	0,5	0,6	-0,4	-0,2	17,9 ± 3,6	-0,1	-0,1	0,7	0,4		
Pr	2,6 ± 0,5	0,3	0,6	-0,5	-0,4	2,0 ± 0,4	-0,5	-0,3	0,6	0		
Nd	11,0 ± 2,0	0,5	0,7	-0,6	-0,4	9,0 ± 1,7	-0,2	-0,1	0,7	0,3		
Sm	2,4 ± 0,3	0,7	0,9	-0,4	-0,3	1,9 ± 0,3	-0,2	-0,1	0,7	0,3		
Eu	0,6 ± 0,07	0,8	0,9	0,1	0,1	0,5 ± 0,09	-0,1	-0,1	0,5	0,2		
Gd	2,3 ± 0,3	0,9	0,9	-0,1	0,1	1,7 ± 0,3	-0,1	-0,1	0,4	0,2		
Tb	0,4 ± 0,05	0,8	0,9	-0,1	0,1	0,3 ± 0,04	-0,1	-0,1	0,3	0,2		
Dy	2,3 ± 0,3	0,8	0,9	0,1	0,1	1,8 ± 0,3	-0,1	-0,1	0,3	0,3		
Ho	0,4 ± 0,07	0,8	0,9	0,1	0,1	0,3 ± 0,06	0,2	0,2	0,2	0,4		
Er	1,4 ± 0,2	0,7	0,9	0,2	0,2	1,1 ± 0,2	0,2	0,1	0,2	0,4		
Tm	0,2 ± 0,03	0,7	0,9	0,3	0,3	0,1 ± 0,02	0,2	0,1	0,1	0,2		
Yb	1,3 ± 0,2	0,6	0,8	0,1	0,1	1,1 ± 0,2	0,3	0,3	0,2	0,3		
Lu	0,2 ± 0,03	0,7	0,9	0,4	0,3	0,2 ± 0,05	0,2	0,1	0,1	0,2		
ΣLREE	49,9 ± 9,7	0,5	0,7	-0,6	-0,4	40,5 ± 7,9	-0,1	-0,1	0,7	0,3		
ΣHREE	8,4 ± 1,2	0,8	0,9	0,1	0,1	6,6 ± 1,1	-0,1	-0,1	0,3	0,3		
ΣREE + Y	71,2 ± 11,8	0,6	0,8	-0,3	-0,2	57,6 ± 10,0	0,1	0,1	0,5	0,2		

Примечание: n – толщина мицелиального чехла в эктомикоризном окончании (в скобках указано среднее значение параметра), d – доля мицелиального чехла в объеме эктомикоризного окончания; цветом отмечены коэффициенты корреляции, достоверные при  $p < 0,05$ ; жирным выделены средние содержания РЗЭ, достоверно превышающие фоновые

Статистически достоверные различия в значениях изучаемых морфолого-анатомических параметров ЭМ – плотность ЭМ, размер общего радиуса эктомикоризного окончания, радиус корня в нем – не демонстрируют связи с содержанием в почве РЗЭ и их вариация, вероятно, может быть объяснена иными факторами.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант № 16-45-100632/16.*

### Литература

Бахмет О. Н., Федорец Н. Г. Почвенный покров // Сельговые ландшафты Заонежского полуострова: природные особенности, история освоения и сохранения. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. С. 47–50.

Веселкин Д. В. Изменчивость анатомических параметров эктомикоризных окончаний разного строения // Микология и фитопатология, 2003. Т. 37. Вып. 1. С. 22–29.

Згуральская Л. М., Морозова Р. М. Биологическая активность почв на шунгитовых породах // Почвоведение, 2003, № 1. С. 90–96.

Кикеева А. В. Сверхтяжелые металлы в почвах на шунгитовых породах // Материалы пятой международной научно-практической конференции Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы. Севастополь. 2017. С. 69–72.

Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов. Редкие f-элементы. М.: Экология, 1997б. Кн. 6. 606 с.

Органическое вещество шунгитонесных пород Карелии (генезис, эволюция, методы изучения) / Под ред. М. М. Филиппова. А. И. Голубева. Петрозаводск, 1994. 207 с.

Федорец Н. Г., Бахмет О. Н., Солодовников А. Н., Морозов А. К. Почвы Карелии: геохимический атлас. Институт леса КарНЦ РАН. М.: Наука. 2008. 47 с.

Чаженина С. Ю., Рожкова В. С. РЗЭ в почвах и карьерных водах, приуроченных к месторождениям шунгитовых пород // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы, Воронеж. 2015. С. 279–282.

Чаженина С. Ю., Товпенец Т. Ю., Кикеева А. В. Выветривание углеродистого вещества шунгитовых пород: экологические и геохимические аспекты // Материалы пятой международной научно-практической конференции Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы. Севастополь. 2017. С. 100–103.

## СТРУКТУРА И ПРОДУКТИВНОСТЬ МИКОЦЕНОЗОВ КОРЕННЫХ ЛЕСОВ БАСЕЙНА р. ЩУГОР (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «ЮГЫД ВА»)

Кириллов Д. В., Паламарчук М. А.

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, kirdimka@mail.ru*

В данной публикации представлены результаты работ по изучению микобиоты в южной части национального парка «Югыд ва». Бассейн реки Щугор является белым пятном на микологической карте республики Коми, поскольку до последнего времени здесь не было проведено каких-либо исследований по грибам и нет никаких данных по этим объектам. И это удивительно, поскольку данная территория просто уникальна. Она охватывает неповторимое сочетание незатронутых антропогенной деятельностью девственных таежных местообитаний, включающих как типично европейские, так и азиатские биоценоотические комплексы и их элементы.

Основной целью проводимых исследований была инвентаризация видового разнообразия, изучение качественных и количественных параметров биоты макромицетов бассейна р. Щугор.

Работы выполнены на основе специальной методики оценки микобиоты, представляющей собой адаптированный нами к условиям Республики Коми гибрид, сложенный из методов оценки биоразнообразия Алана Фиста (Feest, 1999; Feest, 2006; Feest, 2009) и рекомендаций Протоколов по организации изучения макромицетов на пробных площадях (Mueller et al., 2004). Методика построена на изучении плодовых тел. На заранее выбранном ключевом участке закладывали пробную площадь (ПП, 500 м<sup>2</sup>) состоящую из 10 учетных площадок, каждая в виде окружности с радиусом 4 м и площадью 50 м<sup>2</sup>. С каждой учетной площадки производили сбор всех встреченных плодовых тел макромицетов. Учет однократный, его момент совпадает с периодом массового плодоношения грибов в большинстве местообитаний. В лабораторных условиях разбирали коллекции по каждой площадке – определяли число видов, число плодовых тел (ПТ) каждого вида и их массу. Образцы, требующие специальных методов идентификации, гербаризировали и определяли